

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510008

研究課題名(和文)

微量金属元素同位体を用いた北極圏の陸域および縁海の環境変動解析の試み

研究課題名(英文) Analyses of environmental change in the continental area and marginal sea of the Arctic using radiogenic and stable isotopes of trace metal elements

研究代表者：

浅原 良浩 (ASAHARA YOSHIHIRO)

名古屋大学・環境学研究科・助教

研究者番号：10281065

研究成果の概要(和文)：本研究では、ベーリング海、オホーツク海などの沿岸海洋に流入する陸源物質の起源・流入量の指標として微量金属元素 Sr、Nd の同位体、Fe の安定同位体に着目した。ベーリング海堆積物中の鉄マンガン酸化物および炭酸塩の分析から、この海水起源(溶存態起源)の Sr や Nd の同位体組成が周辺大陸の地殻(ユーコン川流域、など)や火山島(アリューシャン列島、など)からの流入の影響を強く反映していることを確認した。また、オホーツク海堆積物中の溶存態起源成分の Fe 同位体分析から、アムール川からの供給を示唆する“軽い”Fe 安定同位体組成を示すものを見出した。さらに、現世ベーリング海堆積物中の珪酸塩碎屑物の Sr、Nd 同位体のマッピング(地域分布)と過去 100 年間の同位体変動解析から、北極圏陸域の気温変化と沿岸海洋への土砂流出量の相関性を新たに見出した。

研究成果の概要(英文)：In this project, trace metal isotopes such as radiogenic Sr and Nd isotopes and stable Fe isotope were analyzed to examine the inflow and transportation of terrigenous material into the marginal seas such as the Bering and Okhotsk Seas. Isotope analyses of the Fe-Mn oxyhydroxides and carbonate in the Bering Sea sediments show that seawater Sr and Nd isotopes vary depending on weathering of the surrounding continental crusts such as Yukon River basin and the island-arc volcanic rocks such as Aleutians. In addition, iron of Fe-Mn oxyhydroxides and carbonate in the Okhotsk Sea has a "light" isotope composition, which suggests the supply from the Amur River. The regional and temporal variations of the Sr and Nd isotopes of the surface detrital sediments in the Bering and Chukchi Seas over the past 100 years reveal correlation of the terrigenous material supply from the surrounding continents and the annual mean SAT (surface air temperature) for the Arctic.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：地球化学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境変動、同位体、海洋科学、地球化学、北極圏

1. 研究開始当初の背景

現在および過去の大陸-海洋間の物質循環の変遷を知ることは、将来の地球表層環境を

予測するための重要な手掛かりである。特に、河川から海洋へ流入する陸源物質は、金属元素、栄養塩の供給に密接に関係しており、沿

岸海洋の生態系をコントロールする重要な要因の1つと考えられている。近年北極圏では、北極海の海水の減少、ベーリング海の生態系の変化など海洋環境の変化（e.g. Stockwell et al., 2001）とともに、アラスカ・カナダ北部の大氷河や永久凍土の融解など陸域環境の変化も観測されており、地球温暖化との関連が指摘されている。ベーリング海は北極圏において北極海に次ぐ大きな縁海であるが、水深も浅く、アラスカのユーコン川をはじめとする河川からの物質流入の影響を非常に強く受ける。温暖化の傾向が世界に現れ始めた1970年代以降ベーリング海で生態系の変化が観測され、その原因として季節海水の減少、海水温の上昇など様々な可能性が議論されている。周辺大陸からの栄養塩、微量元素の流入がベーリング海の生態系に影響を与える主要因の1つである可能性も指摘されており、陸源栄養塩の流入については様々な角度からの検討がなされている。しかしながら、沿岸海洋における微量元素の時空間的分布やその分布を決める要因については、ほとんど検討されていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、海洋堆積物中の鉄マンガ氧化物および炭酸塩に保存された微量元素の同位体の記録を読み取り、沿岸海洋の微量元素の時空間的分布とその変動要因を明らかにすることである。次の2点に焦点を当てて研究を遂行した。(1) 陸域の風化・浸食の指標としての微量元素同位体の有用性の検証。(2) コア堆積物の微量元素同位体の時間変動解析による陸域・沿岸海洋環境の復元。

3. 研究の方法

対象地域は、当初計画のベーリング海とアラスカの大川ユーコン川の流域に加え、亜寒帯域のオホーツク海と東シベリアの大川アムール川の流域とし、特に、沿岸海洋に流入する陸源物質の起源・流入量の指標として微量元素 Sr、Nd の同位体、Fe の安定同位体に着目し、分析を行った。

具体的には、(1) ベーリング海堆積物中の鉄マンガ氧化物、炭酸塩（海水起源成分）、陸源砕屑物（珪酸塩成分）の Sr、Nd の同位体分析、(2) オホーツク海堆積物中の海水起源成分の Fe の安定同位体分析、(3-1) ベーリング海・チュクチ海の最表層部の堆積物の Sr、Nd 同位体の地域分布解析、(3-2) ベーリング海コア堆積物（過去100～200年間）の Sr、Nd 同位体の時間変動解析、を行った。

4. 研究成果

(1) 海洋堆積物中の鉄マンガ氧化物、炭酸

塩、珪酸塩砕屑物の化学的分離法の確立と Sr、Nd 同位体分析

はじめに、沿岸堆積物中の海水起源成分と珪酸塩砕屑物の分離法の確立を行った。ベーリング海堆積物を使用し、鉄マンガ氧化物、炭酸塩、珪酸塩砕屑物の各成分の化学的分離法を詳細に検討した（成果15b）。

確立した方法に従い、ベーリング海堆積物の各成分の Sr、Nd 同位体を分析した。

まず、珪酸塩砕屑物成分の Sr、Nd 同位体組成を大陸地殻物質、火山岩等の同位体データと対比し、Sr、Nd 同位体の陸源物質トレーサとしての有用性を確認した（成果01a、02a、04a、05a、06a、07a、03b、05b、06b、07b、08b、10b、11b、17b）。

一方、炭酸塩および鉄マンガ氧化物成分の Sr 同位体組成、希土類元素（REE）組成が海水組成を反映していることから、これらの成分が海水起源であることを確認し、さらにこれらの成分中の Nd 同位体はベーリング海における水塊トレーサとして有効であることを確認した（成果02b、09b、19b、20b）。特に、鉄マンガ氧化物成分の Nd の同位体組成が周辺大陸の地殻（ユーコン川流域、など）や火山島（アリューシャン列島、など）からの流入の影響を強く反映していることが明らかとなった。さらに、鉄水酸化物の Nd 同位体をベーリング海のコア堆積物に適用することにより、氷期ベーリング海中層水形成メカニズムの解明に成功した（成果03a、04b、12b、14b、20b）。

(2) Fe の安定同位体分析

北部北太平洋、オホーツク海に供給される鉄の供給源解明のため、まず、Fe の安定同位体分析法を確立した。化学分離過程などにおける同位体分別を最小限に抑えるため、陰イオン交換樹脂法による鉄の分離条件、および多検出器型 ICP 質量分析計による Fe の同位体比測定のための測定条件を詳細に検討し、分析法を確立した（成果01b）。

オホーツク海沿岸堆積物中の炭酸塩成分、鉄マンガ氧化物成分の Fe 同位体を分析した結果、一部の海域において、アムール川からの鉄の供給を示唆する“軽い”Fe 安定同位体組成を示すものを見出した。これらの成果の詳細は現時点では未公表であるが、学会発表、論文で今後公表する。

(3-1) ベーリング海・チュクチ海における陸源砕屑物の Sr、Nd 同位体の地域分布

現世ベーリング海・チュクチ海堆積物（表層堆積物）中の珪酸塩砕屑物の Sr、Nd 同位体のマッピング（地域分布）を行い（図1）、その供給源を検討した。Rb、Sr 濃度、REE 組成、粒度分析、ESR の結果とも組み合わせることにより、それぞれの海域の砕屑物の供

給源を以下のように推定した(成果 21b、22b)。
 ① ベーリング海の砕屑物は、北米大陸西岸の比較的若い(新生代)大陸地殻、若い火山岩(アリューシャン弧などの島弧性火山岩など)を起源としていると考えられ、アラスカ海流によってベーリング海に運搬されている。またアラスカを流れベーリング海へ注ぐ大河川ユーコン川流域の地殻は主に中生代の岩石で構成されている。その結果、ベーリング海に流入する砕屑物は、これらの新生代・中生代の大陸地殻を起源とする、低い Sr 同位体比・高い Nd 同位体比の物質が大部分を占めている。特にアラスカ半島付近の堆積物は、Sr 同位体比が低く Nd 同位体比が高いことから、アリューシャン弧を起源とする火山性砕屑物の寄与が大きい。
 ② 北極海側のチュクチ海には、ベーリング海からの砕屑物流入の影響が比較的あるが、これに加え、より古い大陸地殻を起源とする砕屑物も供給されている。北極海に流れ込むカナダ北西地方のマッケンジー川流域には原生代・始生代の大陸地殻が広がり、ここを起源とする砕屑物は高い Sr 同位体比、低い Nd 同位体比をもつことから、チュクチ海の砕屑物の同位体比はこれらの寄与を受けていると考えられる。

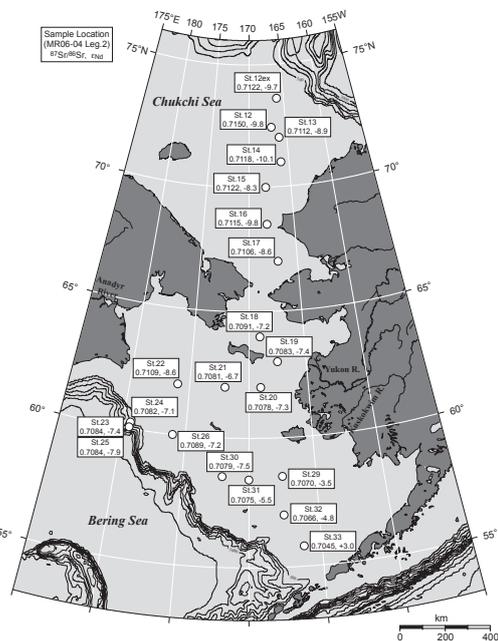


図1 ベーリング海・チュクチ海表層堆積物中の珪酸塩砕屑物の Sr, Nd 同位体比の分布。

(3-2) ベーリング海堆積物中の陸源砕屑物の Sr, Nd 同位体の時間変動解析

過去 50~200 年間のベーリング海コア堆積物に含まれる陸源珪酸塩砕屑物の Sr および

Nd 同位体の変動解析から、東シベリア・アラスカからベーリング海に流入・堆積する陸源砕屑物の経年変化を明らかにし、陸域環境変動の情報抽出を試みた。

Nd 同位体比の経年変化は、北極圏における年平均 SAT (surface air temperature) (Polyakov et al., 2003) の変化に対応した周期的な変化、すなわち、温暖期に低い Nd 同位体比、寒冷期に高い Nd 同位体比を示した。気温の高い時期には、アラスカやシベリアの大陸氷河や永久凍土の融解によりベーリング海への陸源砕屑物(低い Nd 同位体比)の流入量が増加した可能性がある。粒度別試料の Sr, Nd 同位体分析結果も併せ、この周期的な変化の要因についてより詳細に検討し、北極圏陸域の気温変化と沿岸海洋への土砂流出量の相関性を新たに見出した(成果 13b、16b、18b)。

地域分布と時間変動解析の成果は、Asahara et al. (submitted), Nagashima et al. (submitted) として国際誌に投稿中であり、今後論文公表する予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- 01a. Azizi, H., Chung, S.L., Tanaka, T., and Asahara, Y. (2011) Isotopic dating of the Khoys metamorphic complex (KMC), northwestern Iran: A significant revision of the formation age and magma source. *Precambrian Research* 185, 87-94 (査読有)。
- 02a. Lee, S.G., Asahara, Y., Tanaka, T., Kim, N.H., Kim, K.H., Yi, K., Masuda, A., and Song, Y.S. (2010) La-Ce and Sm-Nd isotopic systematics of Early Proterozoic leucogranite with tetrad REE pattern. *Chemical Geology* 276, 360-373 (査読有)。
- 03a. Horikawa, K., Asahara, Y., Yamamoto, K., and Okazaki, Y. (2010) Intermediate Water formation in the Bering Sea during glacial periods: Evidence from neodymium isotope ratios. *Geology* 38, 435-438 (査読有)。
- 04a. 新井宏嘉, 高木秀雄, 岩崎一郎, 浅原良浩, 高橋雅紀 (2009) 関東山地東縁部, 比企丘陵中新統青岩礫岩中の変成岩礫の K-Ar 年代. *地質学雑誌* 115, 223-241 (査読有)。
- 05a. Endo, S., Wallis, S., Hirata, T., Anczkiewicz, R., Platt, J., Thirlwall, M., and Asahara, Y. (2009) Age and early metamorphic history of the Sambagawa belt: Lu-Hf and P-T constraints from the Western Iratsu eclogite. *Journal of Metamorphic Geology* 27, 371-384 (査読有)。

- 06a. Tsuboi, M. and Asahara, Y. (2009) Initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio heterogeneity in Kamihara Tonalite, Ryoke belt, southwest Japan: Evidence from strontium isotopic analysis of apatite. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 104, 226-233 (査読有).
- 07a. Ahmad, T., Tanaka, T., Sachan, H.K., Asahara, Y., Islam, R., and Khanna, P.P. (2008) Geochemical and isotopic constraints on the age and origin of the Nidar Ophiolitic Complex, Ladakh, India: Implications for the Neo-Tethyan subduction along the Indus suture zone. *Tectonophysics* 451, 206-224 (査読有).
- [学会発表] (計 22 件)
- 01b. 河野麻希子, 浅原良造, 谷水雅治, 南雅代, 中村俊夫, 細野高啓. 北海道利尻島に飛来する鉛の供給量・供給源の変遷. 高知大学海洋コア総合研究センター平成 22 年度全国共同利用研究成果発表会(高知大学海洋コア総合研究センター), 平成 23 年 3 月.
- 02b. 鈴木和博, 浅原良造, 三村耕一, 田中剛. 鳥羽市神島石灰岩体の堆積年代と Sr 同位体組成. 日本地球化学会第 57 回年会(立正大学熊谷キャンパス), 平成 22 年 9 月.
- 03b. Lee, S.G., Asahara, Y., Kim, N.H., Kim, K.H., Tanaka, T., Masuda, A. and Song, Y.S. La-Ce and Sm-Nd isotope geochemistry of Early Proterozoic Imweon leucogranite, Korea. *Goldschmidt Conference 2010* (The Knoxville Convention Center, Tennessee), 平成 22 年 6 月.
- 04b. Horikawa K., Asahara, Y., Yamamoto, K. and Okazaki, Y. Intermediate Water formation in the Bering Sea during glacial periods: Evidence from neodymium isotope. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2009* (Moscone Convention Center, San Francisco, California, USA), 平成 21 年 12 月.
- 05b. Azizi, H., Tanaka, T., Asahara, Y. Rb-Sr age dating from the granitic bodies in the east of Sanandaj (NW-Iran). 2009 年度日本質量分析学会同位体比部会(箱根高原ホテル), 平成 21 年 12 月.
- 06b. 田中剛, 山本鋼志, 南雅代, 三村耕一, 浅原良造, 吉田英一, 竹内誠. 愛知県東部～岐阜県南部の地球化学図と元素の分布要因についての考察. 日本地球化学会第 56 回年会(広島大学東広島キャンパス), 平成 22 年 9 月.
- 07b. Lee, S.G., Asahara, Y., Kim, N.H., Kim, K.H., Tanaka, T., Masuda, A. and Song, Y.S. La-Ce and Sm-Nd isotopic systematics of Early Proterozoic leucogranite with tetrad effect. 日本地球化学会第 56 回年会(広島大学東広島キャンパス), 平成 22 年 9 月.
- 08b. 壺井基裕, 浅原良造. 中部地方領家帯神原トーナライトにおける Sr 同位体初生値の不均質と同化作用. 日本地質学会第 116 年学術大会(岡山理科大学 25 号館), 平成 21 年 9 月.
- 09b. Suzuki, K., Asahara, Y., Mimura, K. and Tanaka, T. Huge difference of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios between adjacent, same-aged seamount type limestones in Japan. *Goldschmidt Conference 2009* (Davos, Switzerland), 平成 21 年 6 月.
- 10b. Kimura, Y., Tsuboi, M., Wakaki, S., Katoh, D., Asahara, Y., and Tanaka, T. Radiogenic and stable isotope systematics of strontium within a single granitic pluton. *Goldschmidt Conference 2009* (Davos, Switzerland), 平成 21 年 6 月.
- 11b. 南雅代, 田中剛, 山本鋼志, 三村耕一, 浅原良造, 竹内誠, 吉田英一. 同一地点で採集された河川堆積物の採集年・季節の違いによる化学組成の変動. 日本地球惑星科学連合 2009 年大会(幕張メッセ国際会議場), 平成 21 年 5 月.
- 12b. 堀川恵司, 浅原良造, 山本鋼志, 岡崎裕典. 鉄マンガン水酸化物のネオジム同位体から推察される氷期-間氷期のベーリング海における水塊構造の変化. 日本地球惑星科学連合 2009 年大会(幕張メッセ国際会議場), 平成 21 年 5 月.
- 13b. 浅原良造, 竹内ふみ, 長島佳菜, 原田尚美, 小栗一将, 多田井修, 山本鋼志. ベーリング海堆積物中の陸源砕屑物の Sr, Nd 同位体組成: 過去 100 年間のアラスカ・シベリアの環境変動の記録. *Blue Earth '09*(海洋研究開発機構)(立教大学池袋キャンパス), 平成 21 年 3 月.
- 14b. 堀川恵司, 浅原良造, 山本鋼志, 岡崎裕典, 高橋孝三. 氷期ベーリング海中層水の形成: 鉄マンガン水酸化物の Nd 同位体比から. 東京大学海洋研究所共同利用研究集会 2008 年度古海洋学シンポジウム(東京大学海洋研究所講堂), 平成 21 年 1 月.
- 15b. 後藤久範, 浅原良造, 山本鋼志. 太平洋深海底堆積物中の鉄マンガン水酸化物の Nd 同位体比の時代変化. 2008 年度日本質量分析学会同位体比部会(愛知県民の森), 平成 20 年 11 月.
- 16b. 浅原良造, 竹内ふみ, 長島佳菜, 原田尚美, 小栗一将, 多田井修, 山本鋼志. ベーリング海堆積物の Sr, Nd 同位体から過去 100 年間の北極圏の陸域環境変動を探る. 2008 年度日本質量分析学会同位体比部会(愛知県民の森), 平成 20 年 11 月.
- 17b. 後藤(桜井) 晶子, 南雅代, 浅原良造. 九州北部・中部地域の Sr 同位体比分布. 日

本地球化学会第 55 回年会(東京大学教養学部駒場キャンパス), 平成 20 年 9 月.

18b. 長島佳菜, 浅原良浩, 竹内ふみ, 原田尚美, 小栗一将, 多田井修, 豊田新, Rella Stephan, 多田隆治. ベーリング海陸棚堆積物の粒度・ESR 分析に基づく過去 80 年間の環境変動復元. 本地球化学会第 55 回年会(東京大学教養学部駒場キャンパス), 平成 20 年 9 月.

19b. 後藤久範, 浅原良浩, 山本鋼志. 北太平洋深海底堆積物中の鉄マンガ水酸化物の Nd 同位体比の時代変化と深層水循環の復元. 本地球化学会第 55 回年会(東京大学教養学部駒場キャンパス), 平成 20 年 9 月.

20b. 堀川恵司, 浅原良浩, 山本鋼志. 有孔虫炭酸塩殻中の Nd 同位体比と希土類元素組成. 本地球化学会第 55 回年会(東京大学教養学部駒場キャンパス), 平成 20 年 9 月.

21b. 浅原良浩, 竹内ふみ, 長島佳菜, 原田尚美, 小栗一将, 多田井修, 山本鋼志. Sr, Nd 同位体を用いた北極圏の陸域古環境復元の試み. 本地球化学会第 55 回年会(東京大学教養学部駒場キャンパス), 平成 20 年 9 月.

22b. 浅原良浩, 竹内ふみ, 長島佳菜, 原田尚美, 小栗一将, 多田井修, 山本鋼志. Environmental reconstruction in the Bering Strait region using Sr and Nd isotopes in the continental shelf sediments. 本地球惑星科学連合 2008 年大会(幕張メッセ国際会議場), 平成 20 年 5 月.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :

取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

<http://kenpro.mynu.jp:8001/Profiles/0005/0000527/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浅原 良浩 (ASAHARA YOSHIHIRO)

名古屋大学・大学院環境学研究科・助教

研究者番号 : 10281065

(2) 研究分担者 なし

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者 なし

()

研究者番号 :